Aus der Universitäts-Frauenklinik Göttingen.
Direktor: Prof. Dr. H. Martius.

Tierversuche über die biologische Wirkung sichtbaren Lichtes von sonnengleicher Intensität

—

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Göttingen

vorgelegt am 15. Juni 1939
von

Heinrich Heinzeroth
aus Unna

Göttingen 1939.

Druck W. & K. Sauerland, Unna.

Dekan: Professor Dr. Stich.
Berichterstatter: Professor Dr. H. Martius.
Tag der mündlichen Prüfung: 7. VII. 1939.

Bereits im Jahre 1931 berichteten Ludwig und v. Ries [1]) über den Einfluß verschiedenfarbigen Lichtes auf das Wachstum von Ratten. Die Versuche waren so durchgeführt worden, daß man schwangere Rattenweibchen kurz vor dem Wurf in besonders konstruierte Kästen setzte, die oben durch rote, blaue oder farblose Gläser verschlossen waren, sodaß die Jungtiere von der Geburt an nur von dem Licht der Farbe des betreffenden Glases getroffen wurden. Als Lichtquelle diente das Tageslicht.

Es ergab sich, daß die mit Rotlicht bestrahlten Tiere das stärkste Wachstum zeigten. Am schlechtesten wuchsen die Tiere unter den farblosen Platten.

Die beschriebenen Versuche interessierten an der Göttinger Frauenklinik vor allem wegen ihrer möglicherweise praktischen Bedeutung für die Bestrahlung von Säuglingen und Kleinkindern. Ferner schienen sie geeignet zu sein, die sonnenlichtartige Wirkung einer neuen Bestrahlungslampe [2]) weiter zu erhärten und deren Brauchbarkeit für obigen Zweck zu prüfen.

---

[1]) Vgl. Strahlentherapie, Bd. 39, S. 485–489.

[2]) Vgl. Witte, Strahlentherapie, Bd. 58, S. 113, 1937, sowie Möhring und Witte, Strahlentherapie, Bd. 60, S. 142–151, 1937.

A Vorversuche.

Begonnen wurde mit einigen Vorversuchen. Dazu diente eine Ausführungsform der Lampe nach Abb. 1. Dieselbe besteht aus einem Reflektor besonderer Form, der eine 500 Watt Nitraphotlampe enthält. Das Licht wird durch den Reflektor größtenteils parallel gerichtet und sodann, um die störenden, langwelligen infraroten Wärmestrahlen zu vernichten, durch eine Wasserküvette von 1 cm Schichtdicke gefiltert.

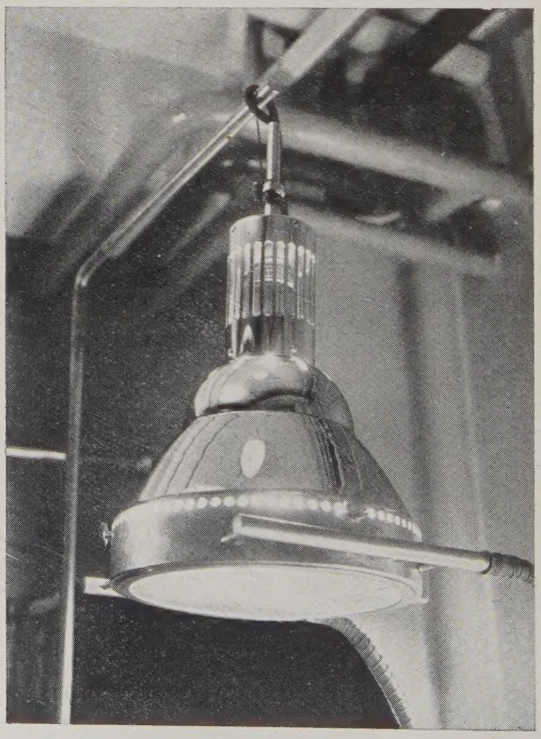

Abb. 1

Die Helligkeit und spektrale Energieverteilung der gefilterten Strahlung entspricht nahezu derjenigen des Sonnenlichtes. Unter der Wasserküvette können noch Filter aus farbigem Glas angebracht werden. Benutzt wurden die roten und blauen Filtergläser RG 1 und BG 12 der Firma Schott & Gen. Über die spektrale Zusammensetzung des durch diese Gläser gefilterten Lichtes geben die Abb. 2 und 3 Auskunft.

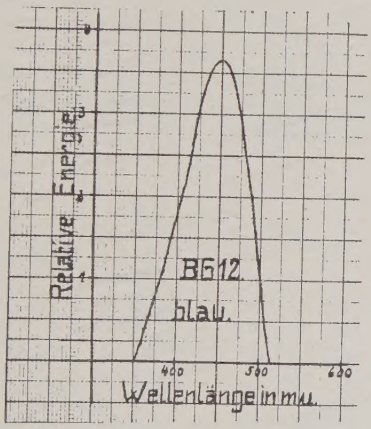

Abb. 2

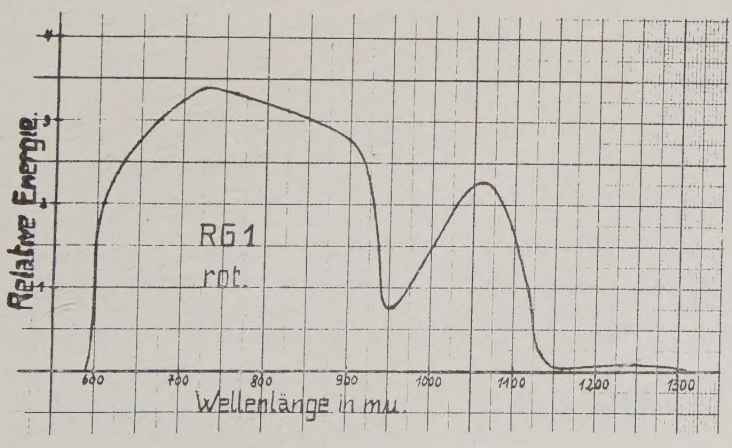

Abb. 3

Zunächst bestrahlten wir drei, den Körpergewichten nach ungefähr gleichwertige Gruppen junger Ratten täglich mit Rotlicht, und zwar die erste Gruppe 30 Min. bei einem Lampenabstand von 35 cm, die zweite 30 Min. in 70 cm Abstand und die dritte 15 Min. bei 70 cm Entfernung.

Entsprechende Gruppen blieben unbestrahlt. Wie aus den Abb. 4, 5 und 6 zu ersehen ist, konnte höchstens bei der Dosierung der zweiten Gruppe (Abb. 5) ein geringer Unterschied zugunsten der Rotlichttiere festgestellt werden. Dieser kann jedoch rein zufällig bedingt sein und läßt sich keineswegs statistisch sichern. Der Versuch gab aber immerhin einen Anhalt für die Dosierung.

Eine weitere Tiergruppe wurde täglich 30 Min. in 30 cm Abstand von der Lichtquelle mit Blaulicht bestrahlt. Nach Abb. 7 konnte auch hier kein sicheres positives Ergebnis erzielt werden.

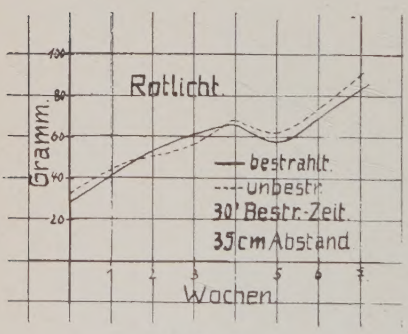

Abb. 4

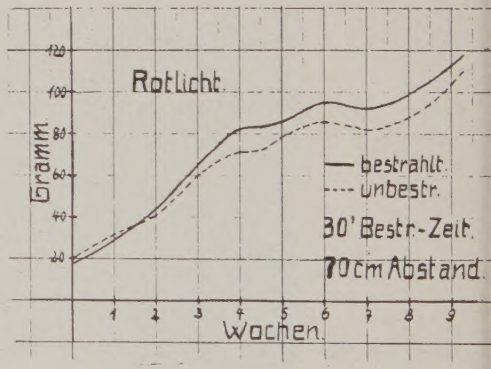

Abb. 5

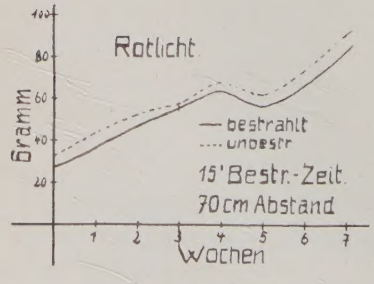

Abb. 6

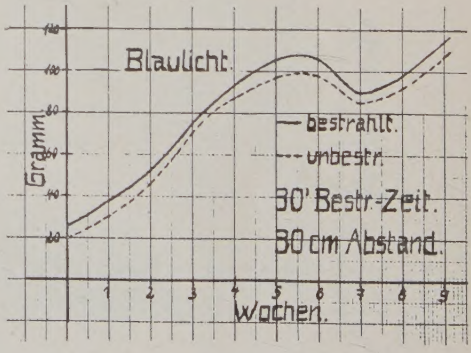

Abb. 7

Um zu sehen, ob vielleicht durch die Wirkung hoher Dosen von Ultravioletttstrahlen eine Wachstumshemmung zu verzeichnen sei, wurde ferner eine Anzahl junger Ratten der Lichtwirkung der Quarzlampe ausgesetzt und zwar täglich 15 Min. bei einem Lampenabstand von 100 cm. Da anzunehmen war, daß durch das dichte Fell der Tiere die Wirkung der Strahlen abgeschwächt würde, wurde den Versuchs- und, um völlig gleiche Verhältnisse zu haben, auch den Kontrolltieren der Rücken rasiert. Wie Abb. 8 zeigt, war auch bei diesen Tieren kein sicherer Wachstumsunterschied zu bemerken. Ferner konnte bei den bestrahlten Tieren weder eine makroskopische Hautveränderung (Erythem), noch eine Veränderung an den Augen (Conjunctivitis) festgestellt werden.

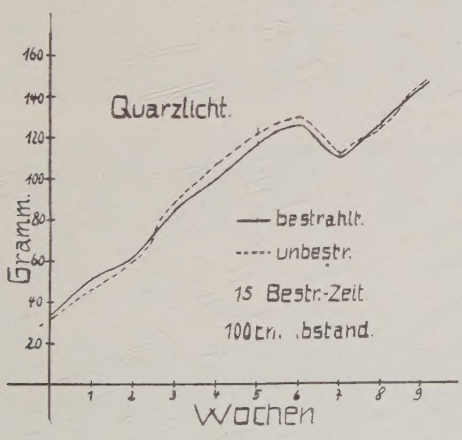

Abb. 8

Alle diese Versuche hatten also kein eindeutiges Ergebnis. Am meisten Erfolg versprechend im Sinne der Versuche von Ludwig und v. Ries schien noch eine Bestrahlung von längerer Dauer mit mittlerer Rotlichtintensität zu sein (Abb. 5). Ferner zeigte sich, daß bei unserem Tiermaterial zur statistischen Sicherung späterer Ergebnisse eine größere Tierzahl unumgänglich sei, da die Einzeltiere sich im Wachstum unerwartet stark unterschieden.

B Bestrahlung von jungen Ratten mit gleichem Anfangsgewicht.

Um Ergebnisse zu erhalten, die sich statistisch sichern ließen, wurde nunmehr eine größere Versuchsreihe mit etwa 90 Tieren angesetzt, von denen ein Drittel mit Rotlicht und ein Drittel mit Blaulicht bestrahlt wurde, während das letzte Drittel nur dem ziemlich schwachen diffusen Licht des Bestrahlungsraumes ausgesetzt war. Die Bestrahlung wurde in Kästen nach Abb. 9, bezw. Abb. 10 vorgenommen.

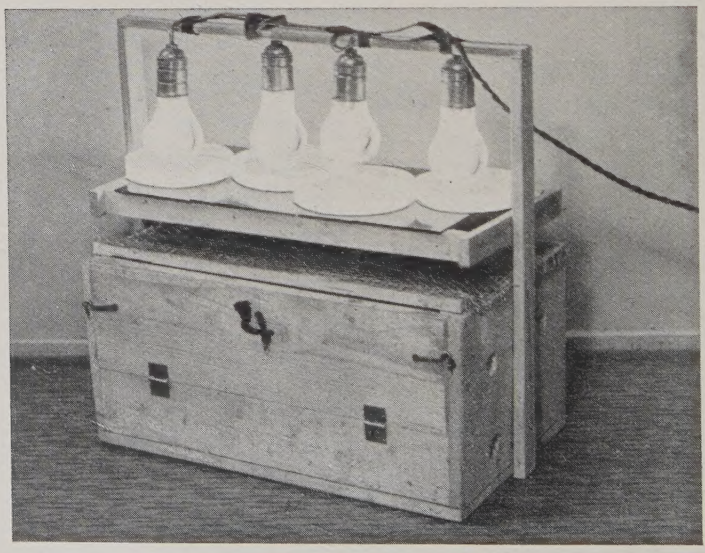

Abb. 9
Rotlichtkasten

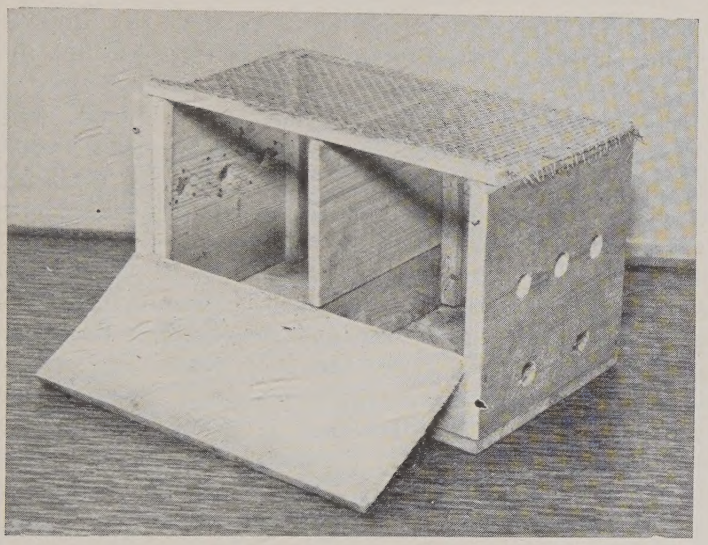

Abb. 10
Blaulichtkasten

Zur Blaulichtbestrahlung diente wieder die Lampe nach Abb. 1 mit Wasserfilter und dem Schottfilter B.G. 12. Die spektrale Zusammensetzung des Lichtes zeigt Abb. 2. Die der Haut der Tiere zugestrahlte Energie betrug 0,04 Kalorien pro Minute und pro Quadratzentimeter. Dieser Belichtung wurden die Tiere täglich drei Stunden ausgesetzt, mit Ausnahme der Samstage und Sonntage, die für die Gewichtskontrolle der Tiere und Reinigung der Kästen notwendig waren. Für die Rotlichtbestrahlung wurden über den Kästen vier elektrische Glühlampen zu je 75 Watt in bestimmtem Abstand aufgehängt, wie Abb. 9 zeigt. Das Licht dieser Lampen wurde durch rote Gläser und durch wassergefüllte Petrischalen gefiltert, um die langwelligen Infrarotstrahlen mit mehr als 1250 mu Wellenlänge unschädlich zu machen, die lediglich eine unerträgliche Hauterhitzung bei den Tieren erzeugt hätten. Die spektrale Zusammensetzung des gefilterten Lichtes ist in Abb. 3 dargestellt. Den Tieren wurde eine Energie von 0,09 Kalorien pro Minute und

pro Quadratzentimeter zugestrahlt. Dieser Bestrahlung wurden die Tiere täglich 12 Stunden, wieder mit Ausnahme der Samstage und Sonntage, ausgesetzt. Unter diesen Bedingungen erhielten die Rotlichttiere täglich eine neunmal größere Strahlenenergie als die Blaulichttiere. Dieses Verhältnis wählten wir deshalb, weil auch im Spektrum der Natursonne blaues und rotes Licht ungefähr im Energieverhältnis 1 : 9 stehen. Wir sagten uns, daß die Lebewesen mehr oder weniger diesen natürlichen Strahlenbedingungen angepaßt sein müßten, und daß wir daher nur von solchen Energiemengen verschiedenfarbigen Lichtes biologische Effekte gleichen Ausmaßes erwarten dürften, die in demselben Verhältnis zueinander stehen, wie die von der Natursonne gelieferten Energiemengen. Die Tiere saßen in den Kästen auf einer etwa 8 cm dicken Torfschicht, die oberflächlich mit Häcksel bestreut war, um eine hellfarbige Oberfläche zu schaffen und so die allzu starke Wärmeabsorption durch den dunklen Torfuntergrund zu vermeiden. Die Temperaturerhöhung gegenüber der Umgebung betrug in den Blaulichtkästen 0,7 °, in den Rotlichtkästen 2,8 °.

Die Kontrolltiere aus den gleichen Würfen wuchsen in Kästen gleicher Größe bei dem diffusen Licht des Bestrahlungsraumes auf. Eine ausgesprochene helle Bestrahlung mit weißem Licht hielten wir für falsch, da Ratten zu den Dämmerungstieren gehören.

Bei Beginn der Versuche hatten die Tiere ein Anfangsgewicht von ungefähr 30 g. Über den Anstieg der Einzelgewichte geben die Tabellen I, II und III auf Seite 11 – 13 Auskunft. Beobachtet wurde im ganzen 41 Tage lang. Die Tabelle IV auf Seite 14 zeigt die Entwicklung der Durchschnittsgewichte in den einzelnen Bestrahlungskästen a, b, c. Stellt man diese graphisch dar, so erhält man die Abb. 11, 12 und 13.

Aus der Tabelle V, Seite 14 und Abb. 14 ist die Entwicklung der Durchschnittsgewichte aller Tiere einer jeden Bestrahlungsfarbe zu ersehen.

Tabelle I

Gewichte der einzelnen Tiere.

A Rotlicht.

Gruppe	Datum:	28. 8. 37	11. 9. 37	18. 9. 37	25. 9. 37	8. 10. 37
a	Gewicht in Gramm	35	46	53	64	90
		28	35	40	53	70
		36	44	44	52	65
		38	51	64	80	106
b	„	35	62	70	84	108
		32	38	44	46	54
		28	42	49	65	82
		35	50	63	84	103
		31	49	57	76	96
		29	44	53	67	86
c	„	30	49	60	80	94
		38	54	59	68	74
		29	36	43	57	68
		36	51	60	82	106
		32	44	48	64	69
		26	32	38	52	58
		37	42	46	66	85

Tabelle II

Gewichte der einzelnen Tiere.

B Blaulicht.

Gruppe	Datum:	28. 8. 37	11. 9. 37	18. 9. 37	25. 9. 37	8. 10. 37
a	Gewicht in Gramm	26	41	48	56	53
		28	49	56	70	110
		35	54	52	60	—
		28	40	45	59	78
		30	48	45	58	84
b	„	32	57	59	85	110
		37	52	54	76	91
		38	50	53	68	79
		31	48	49	65	80
		36	56	57	75	86
		26	34	37	45	52
c	„	33	45	48	71	76
		38	52	60	84	108
		30	38	32	44	52
		33	38	40	55	62
		38	45	48	63	71
		27	35	34	54	66
		29	42	45	69	77

Tabelle III

Gewichte der einzelnen Tiere.

C Unbestrahlt.

Gruppe	Datum:	28. 8. 37	11. 9. 37	18. 9. 37	25. 9. 37	8. 10. 37
a	Gewicht in Gramm	29	40	43	65	82
		37	51	53	74	95
		38	59	64	88	109
		31	39	41	56	76
		28	45	44	66	77
		27	39	43	63	78
b	„	33	47	53	69	83
		35	46	47	65	79
		30	44	51	69	95
		35	46	50	61	70
c	„	34	45	50	52	(60)*
		33	50	59	74	94
		33	44	49	64	76
		29	37	38	(41)*	(47)
		27	31	35	48	(43)*
		36	51	53	75	95
		37	55	56	75	93

()* Tier starb. Die geklammerten Zahlen sind extrapoliert.

Tabelle IV

Durchschnittsgewichte der verschiedenen Gruppen

	Datum:	28.8.37	11.9.37	18.9.37	25.9.37	8.10.3
A Rotlicht						
Gruppe a	Gewicht	34,2	44,0	50,0	62,5	82,6
b	in Gramm	31,7	47,5	56,0	70,3	88,0
c		32,6	44,0	50,6	67,0	79,1
B Blaulicht						
Gruppe a	„	29,4	46,4	49,2	60,6	65,0
b		33,3	49,5	51,5	69,0	83,0
b		32,6	42,1	43,9	63,0	73,1
C Unbestrahlt						
Gruppe a	„	31,7	45,5	48,0	68,7	85,4
b		33,2	45,7	50,0	66,0	82,0
c		32,7	44,7	48,6	62,5	89,5

Tabelle V

Entwicklung der Durchschnittsgewichte aller Tiere in den einzelne Bestrahlungsfarben

	Datum:	28.8.37	11.9.37	18.9.37	25.9.37	8.10.3
A Rotlicht	Gewicht	32,7	45,2	52,7	67,1	83,2
B Blaulicht	in Gramm	32,0	45,8	48,0	64,0	78,5
C Unbestrahlt		32,5	45,0	49,0	65,0	79,5

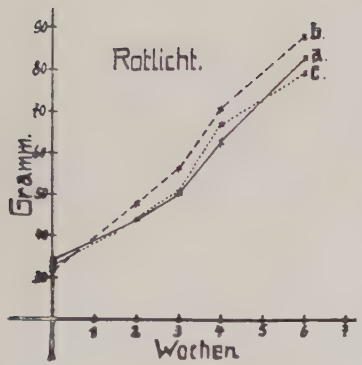

Abb. 11

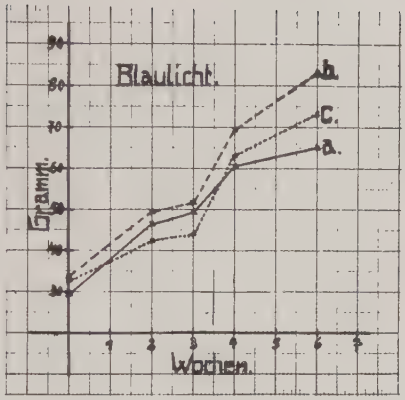

Abb. 12

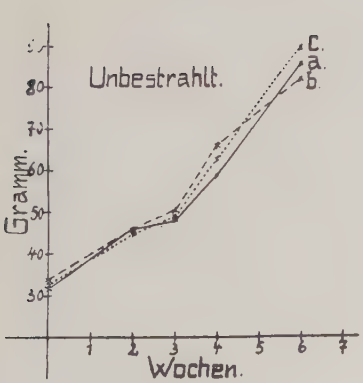

Abb. 13

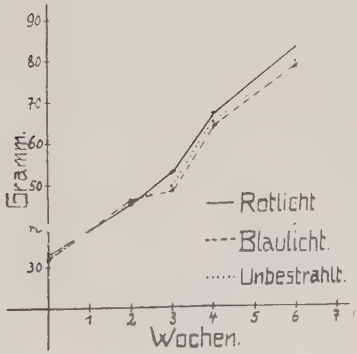

Abb 14

Diese Kurven zeigen einen ziemlich gleichmäßigen Anstieg der Durchschnittsgewichte.

Im Mittel nahmen die unbestrahlten Tiere täglich 1,14 ± 0,07 g zu. Die Blaulichttiere ebenfalls 1,14 ± 0,096 g, während die Rotlichttiere 1,23 g ± 0,085 g zunahmen. Die Rotlichttiere haben also abermals etwas schneller zugenommen als die übrigen Tiere, doch beträgt die Differenz nur das 0,8 fache des mittleren Fehlers.

Im ganzen konnten also auch diese Versuche die Ergebnisse von Ludwig und v. Ries nicht mit Sicherheit bestätigen. Wir hatten jedoch, anders als Ludwig und v. Ries bei den vorstehenden Versuchen die Bestrahlung der Tiere erst bei einem Gewicht von etwa 30 g begonnen, in der Absicht, eine dauernde Gewichtskontrolle jedes einzelnen Tieres während der ganzen Bestrahlungszeit vornehmen zu können. Das abweichende Ergebnis unserer Versuche gegenüber dem von Ludwig und v. Ries veranlaßte uns, deren Versuchsbedingungen insofern nachzuahmen, daß wir noch eine weitere Versuchsreihe ansetzten, bei der die Tiere, wie bei den genannten Autoren, bereits von der Geburt an bestrahlt wurden.

C Bestrahlung junger Ratten von der Geburt an.

Wir benutzten wieder die Kästen, die in Abb. 9 und 10 dargestellt sind. Auch arbeiteten wir mit den gleichen Bestrahlungszeiten und -Energien, wie beim vorhergehenden Versuche. Über die Gewichtsentwicklung dieser Tiere in den einzelnen Würfen a, b, c geben die Tabellen V, VI und VII, Seite 17, 18 und 20 Auskunft. Die unteren Zahlen sind jedesmal die Durchschnittsgewichte der einzelnen Würfe, die in Abb. 15, 16 und 17 graphisch dargestellt sind.

Tabelle V

Rotlichttiere.

Wurf a) Geb. am 5. 11. 37.

Zeit:	15.1.38	22.1.38	29.1.38	5.2.38	12.2.38	19.2.38	26.2.38	12.3.38
Gewicht i. g.	60	66	87	96	109	127	132	149
	46	50	52	57	63	72	83	98
	59	70	76	85	97	107	115	131
	40	55	69	81	96	118	129	150
	38	47	50	58	65	74	77	89
	60	64	88	97	109	115	123	141
Mittelgewicht	50,5	58,7	70,3	79,0	90,0	102,0	110,0	126,3

Wurf b) Geb. am 29. 11. 37.

Zeit:	15.1.38	22.1.38	29.1.38	5.2.38	12.2.38	19.2.38	26.2.38	12.3.38
Gewicht i. g.	48	56	71	79	89	96	108	129
	51	56	81	92	101	111	119	131
	30	35	47	55	66	71	90	114
	54	62	84	93	105	112	118	131
	43	51	70	79	84	93	(103)	(123)
	51	55	76	87	98	114	(126)	(152)
Mittelgewicht	46,1	52,5	71,5	80,5	90,5	99,5	111,0	130,0

Tabelle VI

Blaulichttiere.

Wurf a) Geb. am 26. 11. 37.

Zeit:	15.1.38	22.1.38	29.1.38	5.2.38	12.2.38	19.2.38	26.2.38	12.3.3
Gewicht i. g.	55	61	80	86	97	105	109	119
	54	69	84	89	99	108	114	126
	48	51	59	65	74	84	89	100
	60	64	83	90	102	112	114	119
	61	64	86	93	107	119	120	127
	52	61	78	84	97	106	111	122
Mittelgewicht	53,6	60,0	77,3	83,6	94,1	103,4	107,0	115,(

Wurf b) Geb. am 26. 11. 37.

Zeit:	15.1.38	22.1.38	29.1.38	5.2.38	12.2.38	19.2.38	26.2.38	12.3.3
Gewicht i. g.	48	50	76	79	83	89	94	107
	48	60	80	86	97	101	107	120
	37	39	51	54	57	62	67	77
	48	57	75	81	90	97	103	114
	39	41	59	71	82	90	99	112
	57	64	74	83	90	99	106	116
	52	57	73	81	88	92	102	115
Mittelgewicht	47,0	52.6	70,0	76,4	84,0	90,0	97,0	109,(

Wurf c) Geb. am 14. 12. 37.

Zeit:	22.1.38	29.1.38	5.2.38	12.2.38	19.2.38	26.2.38	12.3.38	
Gewicht i. g.	36	54	61	69	80	86	99	
	34	53	62	68	81	88	104	
	27	36	45	56	59	68	78	
Mittelgewicht	32,0	48,0	56,0	64,0	77,0	80,7	94,3	

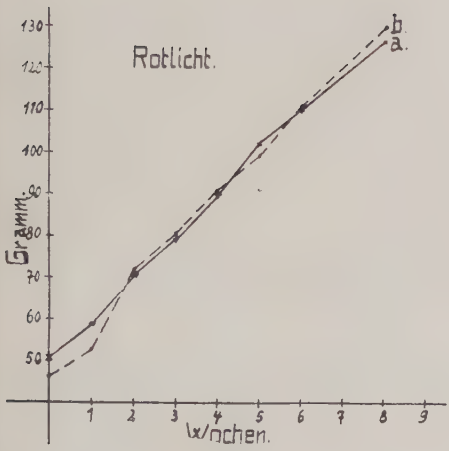

Abb. 15

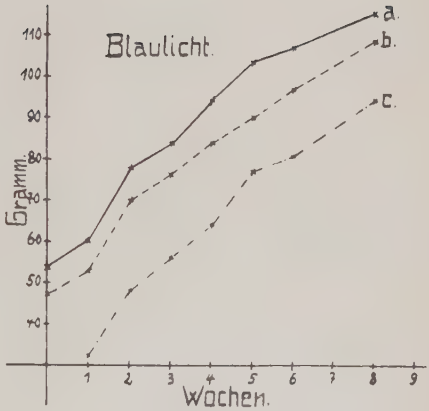

Abb. 16

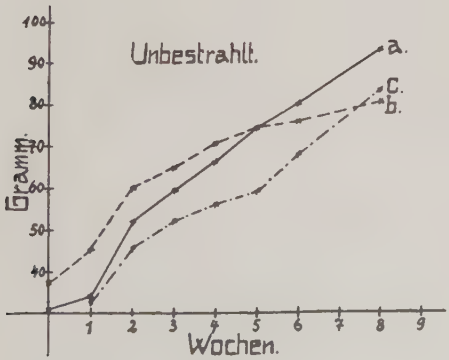

Abb. 17

Tabelle VII

Unbestrahlte Tiere.

Wurf a) geb. am 6. 12. 37.

Zeit:	15.1.38	22.1.38	29.1.38	5 2.38	12.2.38	19.2 38	26 2 38	12 3.38
Gewicht i. g.	34	37	56	63	69	75	82	106
	26	29	49	54	59	62	67	75
	39	44	63	72	84	100	108	120
	29	32	54	62	69	77	79	83
	25	29	42	47	49	53	61	75
	29	32	49	58	67	79	85	102
Mittelgewicht:	30,3	33,8	52,1	59,3	66,2	74,3	80,3	93,5

Wurf b) Geb. am 6. 12. 37.

Zeit:	15.1.38	22.1.38	29.1.38	5.2.38	12.2.38	19 2.38	26.2.38	12.3.38
Gewicht i. g.	46	49	66	71	74	81	85	98
	42	47	61	68	71	73	74	77
	42	45	64	67	73	76	76	80
	44	49	59	65	73	79	81	85
	42	45	58	63	70	74	75	78
	39	41	56	59	65	69	70	73
	44	47	59	63	70	75	75	79
	38	41	57	62	67	69	71	74
Mittelgewicht:	37,1	45,5	60,0	64,8	70,4	74,5	75,9	80,5

Wurf c) Geb. am 15. 12. 37.

Zeit:	22.1 38	29.1.38	5.2.38	12.2.38	19 2.38	26.2.38	12.3.38
Gewicht i. g.	30	43	48	53	56	62	75
	34	56	61	64	65	74	91
	38	47	51	55	60	71	90
	28	41	49	52	52	64	80
	33	46	50	56	61	69	82
Mittelgewicht:	32,6	46,6	52,0	56,0	59,0	68,0	83,6

Den Wurf „b" der Kontrolltiere der Tabelle VII schalteten wir aus, da er mit nur 0,686 g täglicher Gewichtszunahme völlig aus dem Rahmen fällt, denn sowohl die Würfe a und c, Tabelle VII wie auch die Kontrollen der früheren Versuche zeigten stets durchschnittlich eine tägliche Gewichtszunahme von über 0,95 g pro Tier. Die durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme bei den unbestrahlten Tieren der Würfe a und c betrug 1,09 ± 0,055 g, bei den mit Rotlicht bestrahlten Tieren 1,43 g ± 0,084 g. Die Differenz dieses Wertes gegenüber dem der unbestrahlten Tiere der Würfe a und c beträgt 0,34 g = 31 % und entspricht dem 3,4 fachen mittleren Fehler. Diese Fehlerberechnung bedeutete allerdings nur eine Sicherung bei gemischtem Tiermaterial und nicht bei erblichem Zusammenhang ganzer Tiergruppen, wie in vorliegendem Fall. Hier müssen wir zuvor die Gewißheit haben, daß die beiden Rotlichtwürfe nicht zufällig aus dem Rahmen fallende Würfe sind, wie etwa Wurf b unserer Kontrollen Tabelle VII. Eine Wahrscheinlichkeitsbetrachtung lehrt nun, daß die Aussicht, zufällig die beiden besten Gruppen von unseren 14 benutzten Gruppen für das Rotlicht gefaßt zu haben — vergl. Tabelle VIII — nur etwa 1 % beträgt. Wir dürfen das Ergebnis also als praktisch gesichert betrachten, besonders, da ja auch unsere Versuchsreihe B und die Versuche von Ludwig und v. Ries in die gleiche Richtung weisen.

Die Blaulichttiere nahmen im Durchschnitt täglich 1,14 g ± 0,043 g zu. Hier kann also von einer nennenswert erhöhten Gewichtszunahme keine Rede sein. Die Tabelle IX gibt nochmals einen Überblick über die vorstehend genannten Ergebnisse, während in Abb. 18 der Anstieg der Durchschnittsgewichte der einzelnen Tiergruppen graphisch dargestellt ist.

Tabelle VIII

Übersicht über die tägliche Gewichtszunahme der 14 benutzten Tiergruppen, mit Ausnahme der Rotlichtgruppen der Versuchsreihe B. Die Gewichtszunahmen der beiden Rotlichtgruppen werden von keiner der anderen Gruppen erreicht.

(Reihe B)

Unbestrahlte Tiere	Blaulichttiere
1,33 g	1,22 g
1,18 g	1,25 g
0,97 g	0,99 g

(Reihe C)

Unbestrahlte Tiere	Blaulichttiere	Rotlichttiere
1,13 g	1,14 g	1,36 g
1,046g	1,10 g	1,50 g
0,686g	1,25 g	

Tabelle IX

Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme.

Unbestrahlte Tiere	(Reihe B u. C)	1,09 g	+ 0,055 g
Blaulichttiere	(„ B u. C)	1,14 g	+ 0,043 g
Rotlichttiere	(„ C)	1,43 g	+ 0,084 g

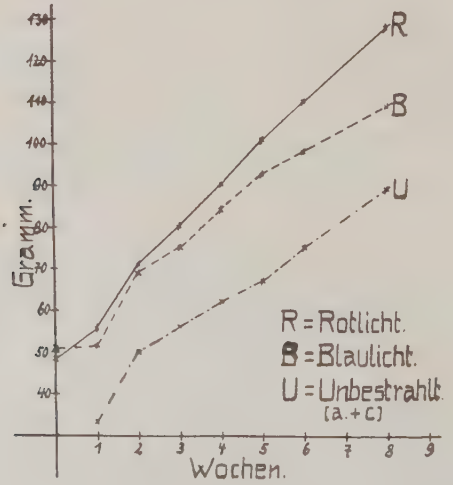

Abb. 18

Die von Ludwig und v. Ries gefundene Wachstumsförderung durch Rotlichtbestrahlung können wir also bestätigen.

Für das Blaulicht möchten wir die Frage offen lassen, da die statistische Sicherung nicht ausreicht. An sich spricht unser Versuch aber ebenfalls für eine Gewichtszunahme durch Blaulichtbestrahlung.

Wir fanden ferner sowohl im Blute der mit Rotlicht, als auch der mit Blaulicht bestrahlten Tiere eine erhebliche Vermehrung des Hämoglobingehaltes. Dieser betrug bei den unbestrahlten männlichen Ratten im Durchschnitt 84,4 % — 1,35 %, während bei den weiblichen Kontrolltieren ein solcher von 87,6 % ± 0,73 % festgestellt werden konnte. Zunächst prüften wir den Hämoglobingehalt einer Anzahl männlicher Ratten unmittelbar nach der Rotlichtbestrahlung und bekamen einen Durchschnittswert von 106,3 % — 1,59 %, ein Unterschied im Vergleich zu den nicht bestrahlten männlichen Tieren von 21,9 %, der aber sicher zum Teil auf Ausschüttung von Reserven infolge des Lichtreizes beruht. Eine zweite mit Rotlicht bestrahlte Tiergruppe untersuchten wir ungefähr acht Tage nach Abschluß der Bestrahlung und zwar nahmen wir jetzt männliche und weibliche Ratten. Es fand sich im Mittel ein Hämoglobingehalt von 98 % ± 1,1 %, also gegenüber den männlichen und weiblichen Kontrolltieren eine Differenz von 12 %, ein durch den 8,7 fachen mittleren Fehler gesichertes Resultat. Bei den etwa drei Wochen nach der Bestrahlung mit Blaulicht untersuchten männlichen Tieren zeigte sich eine mittlere Hämoglobinzahl von 95 % — 1,5 %, somit ein Unterschied von 10,6 % gegenüber den männlichen Vergleichstieren. Dieser Wert läßt sich ebenfalls durch den 5,3 fachen mittleren Fehler sichern.

Außerdem war bei den Rot- und Blaulichttieren eine erhöhte Zahl der Erythrozyten zu bemerken.

Damit ist auch durch den Tierversuch bestätigt, was Möhring und Witte bereits am Menschen zeigen konnten, daß nämlich nach Bestrahlung mit sichtbarem Licht hinreichender Intensität eine erhebliche Vermehrung des Hämoglobingehaltes des Blutes eintritt.

Endlich ist zu erwähnen, daß unsere Rotlichttiere etwa vier Wochen früher geschlechtsreif wurden, als ihre unbestrahlten Altersgenossen.

Zusammenfassung und Kritik der Ergebnisse.

Ludwig und v. Ries hatten gefunden, daß junge Ratten, die von Geburt an unter roten oder blauen Glasplatten bei Tageslicht-Beleuchtung aufgezogen wurden, ein vermehrtes Wachstum gegenüber solchen Ratten zeigten, die im ungefilterten Tageslicht aufwuchsen. Diese Versuche interessierten wegen ihrer möglicherweise vorhandenen praktischen Bedeutung für das Wachstum von Säuglingen und Kleinkindern.

Falls sich die Ergebnisse der genannten Autoren statt mit Tageslicht mit dem Licht einer neuen Bestrahlungslampe bestätigen ließen, deren Kennzeichen in der Anwendung sehr hellen Glühlampenlichtes mit Wasserfilterung besteht, waren sie ferner geeignet, die sonnenlichtähnliche Wirkung dieser Lampe bezw. dieser Bestrahlungsart für die vorliegenden speziellen Zwecke zu beweisen.

Im Gegensatz zu den Untersuchungen der genannten Autoren wurden die Versuche mit kalorimetrisch genau dosierten Mengen roten und blauen Lichtes von bekannter spektraler Zusammensetzung durchgeführt, was bei dem benutzten Kunstlicht leicht möglich war. Da Ratten zu den Dämmerungstieren gehören, wurden die Kontrollen bei der normalen, nicht sehr starken diffusen Beleuchtung des Bestrahlungsraumes gehalten, also nicht ausgesprochen hell bestrahlt, wie bei Ludwig und v. Ries. Abgesehen von den Vorversuchen wurden in einer ersten Versuchsreihe (Reihe B) solche Tiere bestrahlt, die bei Beginn alle das gleiche Anfangsgewicht von rund 30 g hatten, um so eine einfache Gewichtskontrolle eines jeden Tieres zu ermöglichen.

Bei einer zweiten Versuchsreihe (Reihe C) wurden die Tiere unter der Bestrahlung geboren, erhielten also von Geburt an das betreffende farbige Licht.

In beiden Versuchsreihen zeigten allein die Rotlichttiere eine nennenswert schnellere Gewichtszunahme als die Kontrollen. Nur bei den von Geburt ab bestrahlten Rotlichttieren war jedoch die Differenz so groß, daß sie sich statistisch sichern ließ. Die Gewichtszunahme der Blaulichttiere erfolgte in beiden Versuchsreihen nicht schneller als die der Kontrollen.

Wir können das Ergebnis von Ludwig und v. Ries also hinsichtlich des Rotlichts bestätigen und damit auch die sonnenlichtartige Wirkung einer hochkerzigen, mit Wasserfilter versehenen Bestrahlungslampe dartun. Zu empfehlen ist auch der Versuch, ob sich durch eine Bestrahlung von Säuglingen und Kleinkindern mit sichtbarem Licht eine ähnliche Anregung des Wachstums erreichen läßt wie bei unseren Versuchstieren.

Eine ganz andere Frage ist es jedoch, ob die beobachtete Wachstumsförderung durch Wachstumsvitamine unter spezifischer Rotlichtwirkung entsteht, wie Ludwig und v. Ries meinen, oder ob es sich um einen banalen Wärmeeffekt handelt, der sekundär durch ein unter der Bestrahlung vermehrtes Schlafbedürfnis begünstigt wird. Diese Frage ist einstweilen nicht mit Sicherheit zu entscheiden. Kontrollversuche in verschieden stark geheizten Kästen und unter reinen Wärmestrahlern sind noch nicht abgeschlossen. Die Tatsache, daß solche Tiere erheblich besser reagieren, die von Geburt an bestrahlt werden, die also zunächst noch kein Haarkleid tragen, welches die Strahlen von der Haut fernhält, spricht allerdings für einen spezifischen Effekt, denn Wärme und Schlaf wirken ja auch noch im späteren Alter.

Warum unsere Blaulichtbehandlung kein positives Ergebnis wie diejenigen der genannten Autoren hatte, läßt sich ohne genaue Angaben über die von denselben angewandte Dosis und das benutzte Blauglas nicht entscheiden. Möglich wäre es, daß wir ein viel strengeres Filter benutzt haben, welches wirklich nur blaues Licht durchläßt, während Ludwig und v. Ries eines der meist üblichen Blaugläser anwandten, die erhebliche Mengen der übrigen Spektralfarben, eventuell darunter auch Rotlicht durchlassen. Dann wäre der von ihnen beobachtete Wachstumseffekt also von diesem Farbengemisch und nicht durch das Blaulicht allein erzeugt worden. Möglich ist aber auch, daß Ludwig und v. Ries tatsächlich größere Blaulichtintensitäten zur Verfügung hatten als wir, und sich der stärkere Wachstumseffekt dadurch erklärt.

Sowohl bei Rot- als auch bei Blaulichtbestrahlung fanden wir eine Vermehrung des Hämoglobins im Blute der bestrahlten Tiere von 10 bezw. 12%. Diese Werte wurden bei den Rotlichttieren etwa 8 Tage, bei den Blaulichttieren etwa 3 Wochen nach Abschluß der Bestrahlungen gefunden. Damit werden Beobachtungen im

Tierversuch bestätigt, die Möhring und Witte bereits an Menschen gemacht haben.[1]) Auch hier ist die Frage des spezifischen Effektes noch nicht endgültig geklärt. Entsprechende Versuche noch nicht abgeschlossener Arbeiten (Kalmus und Weler) scheinen für eine spezifische Wirkung zu sprechen.

---

[1]) Vergl. Strahlentheraphie 60 Bd. 1937, S. 142- 151 Möhring und Witte: über den Einfluß des sichtbaren und infraroten Lichtes einer neuen Bestrahlungslampe auf das Blutbild des Menschen.

Lebenslauf.

Am 13. August 1911 wurde ich als Sohn des Milchverteilers Heinrich Heinzeroth und seiner Ehefrau Ida, geb. Schüttler, in Unna i. Westf. geboren. Ich bin arischer Abstammung und evangelischer Religion. Nach vierjährigem Besuch der Volksschule kam ich Ostern 1921 zum Realgymnasium Unna; 1928 wechselte ich zur Oberrealschule Dortmund, wo ich Ostern 1932 das Abiturientenexamen bestand. Im Sommer-Semester 1932 wurde ich an der Universität zu Bonn am Rhein als Student der Medizin immatrikuliert. Ab Sommer-Semester 1933 studierte ich an der Universität zu Göttingen. Im Herbst 1934 bestand ich hier die ärztliche Vorprüfung und im Dezember 1937 das medizinische Staatsexamen. Während meines Medizinalpraktikantenjahres arbeitete ich an dem Institut für gerichtliche Medizin der Universität Göttingen, ferner an der Lungenheilstätte Pappenheim (Mittelfranken) und am Kreiskrankenhaus Salzwedel, wo ich ab 1. Jan. 1939 zunächst als Volontärarzt, später als Assistenzarzt übernommen wurde.

Herrn Prof. Dr. Martius bin ich für die Überlassung des Themas und Herrn Dr. phil. E. Witte für seine Anregungen und Ratschläge bei der Bearbeitung desselben, besonders des physikalischen Teiles, zu großem Dank verpflichtet.